

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 28 955.0

Anmeldetag: 27. Juni 2003

Anmelder/Inhaber: Elmotec Statomat Vertriebs GmbH, Karben/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Formen von
Wellenwicklungen für Rotor- und Statorblechpakete
elektrischer Maschinen

IPC: H 02 K 15/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Verfahren und Vorrichtung zum Formen von
Wellenwicklungen für Rotor- und Statorblechpakete
elektrischer Maschinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Formen und Einführen von Wellenwicklungen mit durch Wicklungsköpfe verbundenen Stegabschnitten in Rotor- und Statorblechpakete elektrischer Maschinen.

Es ist seit längerer Zeit z. B. durch die EP 1 012 951 D1, die EP 0 604 797 A2 und die US 5 881 778 bekannt, Wellenwicklungen, insbesondere verteilte Wellenwicklungen zur Herstellung von Kraftfahrzeug-Lichtmaschinen, durch eine um eine Schablone umlaufende Wickeldüse oder eine vor einer feststehenden Wickeldüse umlaufende Schablone zu erzeugen und die so geformten ringförmigen Wellenwicklungen axial in einen Stator einzuziehen.

In dem Bestreben, mit möglichst wenig Kupfer einen optimalen Füllfaktor der Statornuten und gleichzeitig gut belüftete Wicklungsköpfe zu erhalten, die nur ein verhältnismäßig geringes Laufgeräusch erzeugen, sind gemäß EP 1 120 881 A2 Statornuten mit einer Vielzahl von radial innen offenen, im Querschnitt rechteckigen Nuten geschaffen worden, in die Wellenwicklungen aus rechteckigem Spulendraht derart eingebracht werden, daß im Querschnitt einer Nut die Querschnitte durch den Spulendraht mit mehreren radialen Lagen eine sich längs der Nut erstreckende Reihe bilden und den Querschnitt der Nut ausfüllen. Die Schwierigkeit bei der Herstellung eines solchen Stators besteht darin, daß sich der starke Rechteckdraht, dessen Breite der Nutbreite entspricht, bei einem her-

kömmlichen Wickel- und Einziehverfahren nur schwer verformen läßt und normalerweise die stirnseitig über das Statorblechpaket vorstehenden Wicklungsköpfe wegen der Vielzahl der sich am Umfang überlappenden Spulenwindungen und der schlechten Verformbarkeit des Spulendrahts sich zu einer allzu großen radialen Breite addieren, die sich mit herkömmlichen Wickelkopf-Formwerkzeugen praktisch kaum verringern läßt.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit deren Hilfe sich auch aus verhältnismäßig dickem Wicklungsdraht in einfacherer Weise Wellenwicklungen herstellen und in Rotor- oder Statorblechpakete einführen lassen.

Vorstehende Aufgabe wird nach dem Vorschlag der Erfindung verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß die Wellenwicklungen jeweils mit einer bestimmten Anzahl Wellen von einem fortlaufend geformten Wellenwicklungsband aus im Querschnitt rechteckigem oder rundem Wicklungsdraht abgeschnitten werden, der beim Formvorgang von einem Drahtführer abwechselnd um die äußeren Seitenflächen von auf dem Umfang von zwei axial nebeneinander rotierend antreibbaren Scheiben oder in zwei Reihen auf dem Umfang einer rotierend antreibbaren Rolle gegeneinander versetzt angeordneten Formvorsprüngen gelegt wird, wobei in dem Winkelbereich, in dem das Wellenwicklungsband auf dem Umfang der Scheiben bzw. Rolle mitgenommen wird, der Abstand zwischen einem Formvorsprung der einen Reihe und dem folgenden Formvorsprung der anderen Reihe um ein solches Maß vergrößert wird, daß die äußeren Seitenflächen der Formvorsprünge die Wicklungsköpfe der Wellenwicklungen formen, und daß die von dem Wellenwicklungsband abgeschnitten Wellenwicklungen in radial außen offene Nuten eines Rotor- oder Stator-

blechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs eingeführt werden.

Die Erfindung bietet den Vorteil, daß in einem einzigen integrierten Vorgang der Wicklungsdraht fortlaufend in die Form einer durch Anschläge fixierten Welle gebracht wird und dann unter Spannung durch plastische Verformung die gewünschte endgültige Wellenform annimmt. Insgesamt sind nur zwei sehr einfache Formvorgänge erforderlich, nämlich außer dem erwähnten Biegen des Drahts zum Wellenwicklungsband nur noch das Biegen der von dem Wellenwicklungsband abgelängten Wellenwicklungen zu einem Ring mit dem verhältnismäßig großen Krümmungsradius der ringförmigen Anordnung der Wellenwicklung im Blechpaket.

Die erfindungsgemäß zur Durchführung des neuen Verfahrens vorgeschlagene Vorrichtung hat eine Formeinrichtung für das Wellenwicklungsband, die zwei Scheiben oder eine Rolle und zwei Reihen gleichmäßig über den Umfang verteilte, relativ zur jeweils anderen Reihe versetzt zueinander angeordnete, über den Scheiben- bzw. Rollenumfang vorstehende Formvorsprünge und einen derart geführten Drahtführer aufweist, daß ein Wicklungsdraht wellenförmig abwechselnd um die äußeren Seitenflächen der am Umfang aufeinander folgenden Formvorsprünge legbar ist, deren Form der zu erzeugenden Form der Wicklungsköpfe der Wellenwicklungen entspricht, und eine Einrichtung zum Einführen der von dem Wellenwicklungsband abgeschnittenen Wellenwicklungen in radial außen offene Nuten eines Rotor- oder Statorblechpakets oder rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs.

Diese Vorrichtung bietet den Vorteil, daß sie grundsätzlich unabhängig davon ist, welche Wellenform, Länge und relative Lage zueinander die in ein Rotor- oder Statorblechpaket einzuführenden Wellenwicklungen haben. Sie ist daher für eine Vielzahl unterschiedlicher Gestaltungen der Wicklung anwendbar. Wenn die Wellenwicklungen in ein Rotor- oder Statorblechpaket mit radial innen offenen Nuten, also in einen äußeren Stator oder den Rotor eines Außenläufer-Motors oder -generators eingebracht werden sollen, kommt das oben erwähnte Übertragungswerkzeug zum Einsatz mit einem zusätzlichen Arbeitsgang, um die zunächst in dem Übertragungswerkzeug erzeugten Wicklungen aus dessen Nuten radial nach außen in die Nuten des äußeren Stators oder Außenläufer-Rotors zu verdrängen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des vorstehend bezeichneten Verfahrens und der neuen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachstehend wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Wellenwicklung vor einem stabförmigen Aufnehmer und seitlichen Führungsschienen;

Fig. 2 zwölf in den stabförmigen Aufnehmer nach Fig. 1 eingelegte Wellenwicklungen, die anschließend gemeinsam in ein Rotor- oder Statorblechpaket oder in ein rotorähnliches Übertragungswerkzeug eingebracht werden;

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine aus mehreren Teilvorrichtungen bestehende Anlage zum Formen und Einführen von Wellenwicklungen in Stator-Blechpakete;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer Einrichtung zum fortlaufenden Formen eines Wellenwicklungsbandes mit einer angeschlossenen Prägeeinrichtung;

Fig. 5 eine Draufsicht auf die Formeinrichtung und die Prägeeinrichtung nach Fig. 4;

Fig.

6A, B, C Seitenansichten, mit Bezug auf Fig. 4 von links, der Einrichtung zum Formen eines Wellenwicklungsbandes, wobei die Teile der Einrichtung in verschiedenen Stadien während der Formung einer Wellenwicklung gezeigt sind;

Fig. 7 eine Draufsicht von oben auf den einen Teil der Einrichtung zum Formen des Wellenwicklungsbandes bildenden Drahtführer;

Fig. 8 eine vereinfachte Seitenansicht eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines Übertragungswerkzeugs mit radial außen offenen Nuten im Zusammenwirken mit dem in Fig. 1 und 2 gezeigten stab-

förmigen Aufnehmer und Leitorganen zum Überleiten der Wellenwicklungen von dem Aufnehmer in das Blechpaket bzw. in das Übertragungswerkzeug;

Fig. 9 eine schematische Draufsicht auf den stabförmigen Aufnehmer und die geschnittenen Leitorgane nach Fig. 8, wobei aus zeichnerischen Gründen auch die in den Nuten des Aufnehmers liegenden Wellenwicklungen dargestellt sind;

Fig.10 einen vereinfachten Teil-Querschnitt durch ein rotorähnliches Übertragungswerkzeug in einer bei der Übertragung von Wellenwicklungen in ein Statorblechpaket eingenommenen konzentrischen Stellung und

Fig.11 einen vereinfachten Längsschnitt durch das Übertragungswerkzeug nach Fig. 10.

Die in Fig. 1 gezeigte Wellenwicklung 10 hat je nach der Anzahl und Belegung der Nuten des damit zu bestückenden Rotor- oder Statorblechpakets eine bestimmte Anzahl Wellen, die durch parallele Stegabschnitte 12 und giebelförmige Wicklungsköpfe 14 gebildet sind. Die Anschlußenden der Wellenwicklung sind mit 16 bezeichnet. Im Beispielsfall wird mit der gezeigten Wellenwicklung 10 jede sechste Nut eines Statorblechpakets belegt, wobei sich die Stegabschnitte 12 durch die Statornuten erstrecken und die giebelförmigen Wicklungs-

köpfe 14 stirnseitig aus dem Statorblechpaket vorstehen. Zwischen zwei von der Wellenwicklung 10 belegten Statornuten bleiben im Ausführungsbeispiel jeweils fünf Statornuten frei, in die weitere derartige Wellenwicklungen 10 eingeführt werden. Insgesamt können z. B. in die in Fig. 10 im Querschnitt gezeigten rechteckigen, radial innen offenen Nuten 18 eines Statorblechpakets 20 jeweils acht Schichten bzw. Lagen - worunter hier eine Drahtlage in einer Nut 18 verstanden wird - vorhanden sein. Diese Zahl ist aber nur ein Ausführungsbeispiel. Die im Querschnitt rechteckigen Nuten 18 könnten jeweils auch schon mit vier Drahtlagen eines stärkeren Rechteckdrahts gefüllt sein. Je nach der Art des Motors bzw. Generators und der gewählten Wicklung können noch andere Lagenzahlen vorkommen, wobei auch zwei oder mehr Drahtlagen in einer Nut durch eine einzige, einstückige Wellenwicklung 10 gebildet sein können. Dies ist z. B. bei einer sog. verteilte Wellenwicklung der Fall, bei der die Stegabschnitte in zwei oder mehr Lagen in denselben Statornuten liegen, aber die Wicklungsköpfe von einer oder mehreren Lagen auf der einen Stirnseite aus dem Blechpaket hervorragen, während die Wicklungsköpfe der anderen Lage bzw. Lagen auf der gegenüberliegenden Seite aus dem Statorblechpaket vorstehen. Eine weitere Möglichkeit, mit einer einzigen Wellenwicklung mehrere Drahtlagen einer Nut auszufüllen, besteht darin, eine so lange Wellenwicklung nach Fig. 1 zu benutzen, daß sie sich nach dem Einführen in das Statorblechpaket mehrmals um dessen Umfang erstreckt.

Die Vorteilhaftigkeit der giebelförmigen Wicklungsköpfe wird deutlich, wenn man sich anhand der Fig. 1 vorstellt, daß in den dort gezeigten stabförmigen Aufnehmer 22 nach der gezeigten ersten Wellenwicklung 10 eine weitere derartige Wellen-

wicklung in diejenigen Nuten gelegt wird, die sich jeweils unmittelbar rechts von den durch die Stegabschnitte 12 der ersten Wellenwicklung 10 belegten Nuten befinden. Die dritte derartige Wellenwicklung wird dann wiederum in die nächsten sich nach rechts anschließenden Nuten eingelegt und ebenso die vierte, fünfte und sechste Wellenwicklung. Am Ende wird man feststellen, daß immer nur die linken Schenkel der giebel-förmigen Wicklungsköpfe 14 über die rechten Schenkel der Wicklungsköpfe der zuvor schon eingelegten Wellenwicklungen hinweggeführt werden müssen, die rechten Schenkel dann aber keine schon zuvor eingelegten Wellenwicklungen zu kreuzen brauchen. Man wird weiterhin feststellen, daß sich alle definierten Kreuzungspunkte, an denen ein linker Schenkel über einen rechten Schenkel einer zuvor eingelegten Wellenwicklung hinweggeführt ist, jeweils die einzige Kreuzung an dieser Stelle bilden. Demnach braucht man nur die kreuzenden linken Schenkel der Wicklungsköpfe insgesamt oder stellenweise an den Kreuzungspunkten etwas anzuheben und danach wieder in die Ebene der Stegabschnitte abzusenken, um zu erreichen, daß sämtliche Stegabschnitte und jeweils die Hälfte der giebel-förmigen Wicklungsköpfe der nacheinander verlegten sechs Wellenwicklungen zwanglos in derselben Drahtlage in den Nuten liegen. Das stellenweise Anheben und Absenken einer Giebelhälfte, um diese über eine oder mehrere Giebelhälften zuvor eingelegter Wellenwicklungen hinwegzuführen, kann durch eine Prägung der Wellenwicklungen vor dem Einlegen in den stabförmigen Aufnehmer 22 geschehen. Es versteht sich, daß alternativ auch die überkreuzte Giebelhälfte abgesenkt oder die eine Giebelhälfte etwas angehoben und die andere etwas abgesenkt werden kann.

Anhand von Fig. 1 und Fig. 2 ist auch ersichtlich, daß eine Wellenwicklung von zweifacher Umfangslänge in der Mitte derart gefaltet und zusammengelegt werden kann, daß jeweils zwei Stegabschnitte übereinander liegen und die Wicklungsköpfe gegenüberliegend angeordnet sind. Alternativ könnte von zwei identischen Wellenwicklungen einfacher Umfangslänge die eine gewendet, auf die andere gelegt und an einem Ende elektrisch mit dieser verbunden werden. Man erhält dadurch ebenfalls eine verteilte Wellenwicklung mit jeweils zwei Stegabschnitten in jeder Nut und mit direkt gegenüberliegend angeordneten Wicklungsköpfen.

Wenn die Wellenwicklungen 10 die doppelte Umfangslänge haben, kann beim Einlegen in die Nuten des stabförmigen Aufnehmers 22 auch so vorgegangen werden, daß zunächst in der oben beschriebenen Reihenfolge die sechs Wellenwicklungen, die eine Drahtlage bilden, nur mit ihrer halben Länge eingelegt werden. Dann wird auf der zweiten Hälfte der Länge des stabförmigen Aufnehmers 22 die Reihenfolge umgedreht, so daß der mit seiner ersten Hälfte zuletzt eingelegte Wicklungsdraht als erster in die zweite Hälfte des Aufnehmers 22 eingelegt wird, die vorletzte Wellenwicklung als zweite usw.. Man erreicht damit, daß bei den Wicklungsköpfen der zweiten Drahtlage im Stator die Drahtkreuzungen auf der anderen Giebelhälfte liegen.

Neben solchen Faltungen, elektrischen Verbindungen und Abwechslungen der Reihenfolge besteht beim Einlegen der Wellenwicklungen in die Nuten des Aufnehmers 22 die weitere Möglichkeit, einzelne Wellen einer bereits eingelegten Wellenwicklung aufzubiegen und nach dem Einlegen einer oder mehrerer weiterer Wellenwicklungen wieder in die Nuten des Aufneh-

mers 22 zurückzubiegen, wodurch an einer bestimmten Stelle eine Veränderung der Reihenfolge der übereinander liegenden Wellenwicklungen erzielt wird.

Fig. 2 veranschaulicht die sehr gleichmäßige Anordnung der Wicklungsköpfe einer mehrlagigen Wicklung.

Fig. 3 zeigt in Draufsicht einen Überblick über eine vollständige Produktionsanlage zum Wickeln und Einführen von Wellenwicklungen in Statorblechpakete. Dabei sind mit 24 und 24' zwei parallel arbeitende Formeinrichtungen bezeichnet, in denen jeweils ein von einer Vorratsrolle 26 bzw. 26' abgezogener Wicklungsdraht kontinuierlich zu einem Wellenwicklungsband geformt wird, aus dem die in Fig. 1 und 2 gezeigten Wellenwicklungen als Abschnitte gewonnen werden. Mit 28 bzw. 28' ist in Fig. 3 jeweils eine Prägestation bezeichnet, in der die Wicklungsköpfe der Wellenwicklungen durch Stempel und Matrizen so geformt werden, daß sie in unterschiedlichen Ebenen aneinander vorbeigeführt werden können. Außerdem können in dieser Station die Wellenwicklungen 10 in der jeweils benötigten Länge von dem kontinuierlich erzeugten Wellenwicklungsband abgeschnitten und die Anschlußenden 16 ausgezogen werden.

In der nächsten, mit 30 bzw. 30' bezeichneten Station werden die Wellenwicklungen 10 in der vorgesehenen Reihenfolge und Anordnung in die Nuten des stabförmigen Aufnehmers 22 eingelegt, und zwar mit so vielen Drahtlagen in jeder Nut, wie gemeinsam in einem einzigen Arbeitsschritt in die Nuten eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs eingebracht werden. Gemäß Fig. 3 ist ein Fördersystem mit Paletten vorgesehen, welche jeweils einen

stabförmigen Aufnehmer 22 mit Nuten tragen. Nachdem ein Aufnehmer 22 gemäß Fig. 2 mit Wellenwicklungen beladen worden ist, fährt die entsprechende Palette 32 bzw. 32' in die bei 34 gezeigte Übertragungsstation, und es rückt eine weitere Palette 36 bzw. 36' mit einem leeren stabförmigen Aufnehmer 22 in die Ladestation 30 nach.

In der Übertragungsstation 34 werden die Wellenwicklungen von einem stabförmigen Aufnehmer 22 im Beispielsfall zunächst auf ein rotorähnliches Übertragungswerkzeug mit radial außen offenen Nuten übertragen. Zu Einzelheiten wird nachfolgend auf Fig. 8 und 9 Bezug genommen. Das befüllte Übertragungswerkzeug wird anschließend von einem Drehtisch 40 in eine Einschubstation 38 verschwenkt, in der das rotorähnliche Übertragungswerkzeug in die Bohrung eines Statorblechpakets derart eingeführt wird, daß dessen radial innen offene Nuten mit den Nuten des Übertragungswerkzeugs fluchten, so daß radial bewegbare Schieber die Wellenwicklungen aus dem Übertragungswerkzeug radial in die Nuten des Statorblechpakets schieben können. Danach verschwenkt der Drehtisch 40 das Statorblechpaket in eine Kompressionsstation 42, in der die zuerst eingebrachte Gruppe von Wellenwicklungen in den Statornuten noch weiter radial nach außen geschoben oder gezogen und die Wicklungsköpfe komprimiert werden. Anschließend wird ein fertig bewickeltes Statorblechpaket von dem Drehtisch 40 zu einer Ausgabestation 44 transportiert und dort abgenommen oder ausgespeist. Wenn noch eine zweite oder weitere Gruppe von Wellenwicklungen in dem Statorblechpaket aufgenommen werden soll, wird das teilweise bewickelte Statorblechpaket noch einmal in die Einschubstation 38 gebracht und mit der zweiten oder weiteren Gruppe von Wellenwicklungen bestückt. Dann folgt wiederum ein Kompressionsvorgang in der Kompressions-

station 42, bevor das Statorblechpaket in der Ausgabestation abgenommen wird.

Es kann zweckmäßig sein, die in der Formeinrichtung 24' geformten Wellenwicklungen mit etwas schmaleren Wicklungsköpfen auszubilden als in der Formeinrichtung 24 und in der Übertragungsstation 34 und der Einschubstation 38 abwechselnd erst eine Gruppe Wellenwicklungen aus der Formeinrichtung 24 und dann eine Gruppe Wellenwicklungen aus der Formeinrichtung 24' mittels passender Übertragungswerkzeuge in das Statorblechpaket einzuführen. Mit den unterschiedlich breiten Wicklungsköpfen kann man den unterschiedlichen Radien der Wellenwicklungen nach ihrem Einführen in das Statorblechpaket Rechnung tragen.

Die Fig. 4, 5 und 6A, B, C zeigen die Formeinrichtung 24 genauer und die Fig. 4 und 5 daneben auch die Prägeeinrichtung 28. Die Hauptteile der Formeinrichtung 24 sind zwei kontinuierlich umlaufende, axial nebeneinander angeordnete Scheiben 46, 48 mit jeweils über die Umfangsfläche vorstehenden Formvorsprüngen 50. Die Scheiben 46, 48 wirken bei der kontinuierlichen Erzeugung eines Wellenwicklungsbandes 52 mit einem Drahtführer zusammen, der unmittelbar neben dem Umfang der Scheiben 46, 48 um eine horizontale Achse schrittweise rotierend gelagert ist. Die Formung des vom Vorrat 26 zugeführten Wicklungsdrahts zum Wellenwicklungsband 52 geht am besten aus der vereinfachten schematischen Darstellung in den Fig. 6A, 6B und 6C hervor.

Zu Beginn des kontinuierlichen Formvorgangs wird der Anfang des mit 56 bezeichneten Wicklungsdrahts gemäß Fig. 6A vorübergehend an einem Formvorsprung 50 der linken Scheibe 46

geklemmt oder in anderer Weise gehalten und um den in Umlauf-
richtung folgenden nächsten Formvorsprung 50 der rechten
Scheibe 48 als Schlaufe gelegt. Wenn anschließend der Draht-
führer 54, der aus einem drehbar gelagerten Träger 55, z. B.
in Form einer Scheibe oder eines Balkens und diametral gegen-
überliegend nahe dem äußeren Umfang angebrachten, axial zu
den Scheiben 46, 48 hin vorspringenden Mitnehmerzapfen 58, 60
besteht, gemäß Richtungspfeil 62 zu drehen beginnt, stößt im
Beispielsfall nach Fig. 6A der Mitnehmerzapfen 58 gegen den
vom Vorrat 26 kommenden Wicklungsdraht 56 und beginnt, an
seinem Umfang eine Schlaufe zu bilden. Gleichzeitig führt der
Mitnehmerzapfen 58 den Wicklungsdraht auch um einen Formvor-
sprung 50 der linken Scheibe 46, auf dessen Umfangsfläche er
durch einen zentral am Träger 55 angeordneten oder sich un-
drehbar durch den Träger 55 erstreckenden, axial gegen den
Formvorsprung vorgeschobenen Stößel 64 gehalten wird. Der
Stößel ist vorzugsweise an seinem freien Ende mit einer Hal-
tenase 66 ausgebildet, die den Draht ausreichend weit auf den
Formvorsprung 50 schiebt. Somit wird in der in Fig. 6A ge-
zeigten Phase gleichzeitig an dem vorstehend genannten Form-
vorsprung 50 der Scheibe 46 und am Mitnehmerzapfen 58 je eine
Schlaufe gebildet. Bei weiterer Drehbewegung des Drahtführers
54 im Sinne des Richtungspfeils 62 und gleichzeitiger Drehung
der Scheiben 46 und 48 im Sinne des Richtungspfeils 68 ver-
größern sich die Umschlingungswinkel der beiden Schlaufen, wie
das in Fig. 6B dargestellte Zwischenstadium zeigt. Dort be-
finden sich die Mitnehmerzapfen 58 und 60 etwa senkrecht
übereinander vor der Scheibe 46. Der Stößel 64 wurde von der
Scheibe 46 zurückgezogen, weil inzwischen die Drahtschlaufe
auf dem Vorsprung 50 der ein Stück weiter gedrehten Scheibe
46 von allein hält.

Um zu verhindern, daß in der Phase nach Fig. 6B der Wicklungsdraht 56 gegen den nächsten Formvorsprung 50 der Scheibe 46 stößt, der dem die Schlaufe bildenden Formvorsprung 50 folgt, ist ein in Fig. 4 gezeigtes Leitblech 70 vorgesehen, das den Wicklungsdraht 56 über den nächsten Formvorsprung 50 hinweg leitet.

Nachdem der Drahtführer 54 weitergedreht worden ist und die Stellung nach Fig. 6C erreicht hat, befindet sich unmittelbar axial vor dem Mitnehmerzapfen 58 ein Formvorsprung 50 der Scheibe 48. Die Drehbewegung des Drahtführers 54 wird kurzzeitig unterbrochen, und ein in Fig. 4 und 7 gezeigter Abstreifer 72 streift die auf dem Mitnehmerzapfen 58 sitzende Drahtschlaufe axial von diesem herab und auf den vor ihm befindlichen Formvorsprung 50 hinüber. Gleichzeitig oder unmittelbar danach fährt der Stößel 64 wieder axial vor und schiebt den Draht 56 über, d.h. in Bewegungsrichtung vor den Formvorsprung 50 der Scheibe 46, an dem er gerade zuvor durch das Leitblech 70 vorbeigeleitet worden ist, so daß nunmehr dieser Formvorsprung die nächste Schlaufe bildet.

Anschließend wiederholen sich die vorstehend geschilderten Vorgänge, wenn bei fortgesetzter Drehung der Mitnehmerzapfen 60 in diejenige Stellung gelangt, in der sich in Fig. 6A der Mitnehmerzapfen 58 befindet. Wie in der Zeichnung gezeigt, sind die Formvorsprünge 50 auf den beiden Scheiben 46 und 48 relativ zueinander auf Lücke angeordnet, wobei der am Umfang gemessene Zwischenabstand zwischen einem Formvorsprung 50 auf der einen Scheibe und dem unmittelbar nachfolgenden Formvorsprung 50 auf der anderen Scheibe etwa so groß ist wie der Durchmesser des Wicklungsdrahts 56. Da die kontinuierliche Drehbewegung der Scheiben 46 und 48 auf die unterbrochene

Drehbewegung des Drahtführers 54 so abgestimmt ist, daß auf jeden Formvorsprung 50 beider Scheiben 46, 48 nacheinander eine Drahtschleife übertragen wird, ergibt sich insgesamt das ununterbrochene Wellenwicklungsband 52.

Um für den Drahtführer 54 eine Drehbewegung mit kurzzeitigen Unterbrechungen jeweils in derjenigen Phase zu erhalten, in der Drahtschleifen von den Mitnehmerzapfen 58, 60 auf die Formvorsprünge 50 der Scheibe 48 hinübergestreift werden, kann ein geeignetes Schrittschaltwerk, z.B. in Form eines Malteserkreuzantriebs benutzt werden.

Der Drahtabzug vom Drahtvorrat 26 enthält eine Drahtbremse. Daher steht der Wicklungsdraht 56 während der Bildung von Schleifen um die Formvorsprünge 50 unter Zugspannung, und es findet bereits während des Ablegens der Drahtschleifen auf den Formvorsprüngen 50 eine gewisse Formung zu Wellen bzw. einer Zickzackform statt. Die Zugspannung im Wicklungsdraht würde jedoch normalerweise nicht ausreichen, um die giebel-förmigen Wicklungsköpfe 14 mit ihrem Winkeln und geraden Zwischenstücken exakt zu formen, selbst wenn die Formvorsprünge 50 einen der Form der Wicklungsköpfe 14 entsprechenden Querschnitt haben. Um die gewünschte Form der Wicklungsköpfe 14 zu erzielen, ist deshalb vorgesehen, daß die Formvorsprünge 50 in den beiden Umfangsreihen auf den Scheiben 46, 48 auf dem Umfangsbereich, auf dem das Wellenwicklungsband 52 von der Schleifenbildungsstelle zu der Stelle des Ablaufs von den Scheiben 46, 48 transportiert wird, zunächst um ein bestimmtes Maß, das ausreicht, eine verhältnismäßig hohe, für die Formgebung des Wicklungsdrahts notwendige Zugspannung zu erreichen, vergrößert und dann wieder verringert wird. Wenn die Formvorsprünge 50 mit dem vorgesehenen Zwischenabstand auf

einer breiten Rolle in axialer Richtung steuerbar verschieblich angebracht sind, kann die Rolle gleichmäßig um eine gerade Achse rotieren. Wenn dagegen statt einer breiten Rolle zwei Scheiben 46, 48 zum Einsatz kommen, brauchen nicht die Formvorsprünge 50 eine relative axiale Bewegung auszuführen, denn es genügt, die Scheiben 46, 48 so zu lagern, daß sich während der Drehbewegung der Abstand zwischen zwei schräg gegenüberliegenden Formvorsprüngen, die das Wellenwicklungsband tragen, erst vergrößert und dann wieder verringert. Im einfachsten Fall können zu diesem Zweck die Drehachsen der beiden Scheiben 46, 48 nach seitlich außen abfallend geneigt sein. Dann ist der Abstand zwischen den beiden Scheiben 46, 48 und damit zwischen den schräg gegenüberliegenden Formvorsprüngen 50 oben am größten, unten am kleinsten und an der Schlaufenbildungsstelle etwa ebenso groß wie an der Stelle, wo das Wellenwicklungsband 52 von den Scheiben 46, 48 abläuft. Auf dem Weg von der Schlaufenbildungsstelle zur Ablaufstelle vergrößert sich daher, wie gewünscht, der Zwischenabstand zwischen den Formvorsprüngen 50, und wird dann wieder kleiner. Selbstverständlich könnten auch andere Lagerungen für die Scheiben 46, 48 gewählt werden, die eine Tauselbewegung der Scheiben mit der genannten Wirkung erzeugen.

Schließlich sei angemerkt, daß es zur Erzeugung giebelförmiger Wicklungsköpfe 14 nicht notwendig ist, Formvorsprünge 50 mit einer entsprechenden Querschnittform zu benutzen. Letztere könnten z.B. auch jeweils durch drei Stifte ersetzt werden, die an denjenigen Stellen sitzen, wo sich die seitlich äußersten Ecken der Formvorsprünge 50 befinden. Die Herstellung der Stifte ist kostengünstiger als die Herstellung der Formvorsprünge 50.

Es versteht sich, daß die Formvorsprünge 50 statt des giebelförmigen Querschnitts auch eine andere für Wicklungsköpfe geeignete Form haben können. Entsprechendes gilt für die Anordnung der alternativ zur Anwendung kommenden Stifte.

An der der Schlaufenbildungsstelle im Beispielsfall etwa gegenüberliegenden Stelle am Umfang der Scheiben 46, 48 kann ein in dem Zwischenraum zwischen den Scheiben 46, 48 angeordnetes Abweisblech dafür sorgen, daß sich das Wellenwicklungsband 52 zuverlässig von den Formvorsprüngen 50 löst und zunächst eine frei hängende Schlaufe 74 bildet, bevor das Wellenwicklungsband 52 von einem endlos umlaufend antreibbaren Transportriemen 76 mit auf seiner Außenseite angebrachten Mitnehmern 78 erfaßt und zu der Prägeeinrichtung 28 transportiert wird. Die frei hängende Schlaufe 74 schwankt während des Betriebs in ihrer Länge und bildet einen Pufferspeicher, der die infolge Stillstandszeiten des Transportriemens 76 ungleichmäßige Abzugsgeschwindigkeit im Verhältnis zu der gleichförmigen Fördergeschwindigkeit der Scheiben 46, 48 ausgleicht. Die Schlaufe 74 kann gegebenenfalls durch eine unter Gewichtsbelastung federnd nachgiebige, flexible Führung 80 unterstützt sein, um einer zu starken Verlängerung des Wellenwicklungsbandes 52 infolge Eigengewichts vorzubeugen.

Die Prägestation 28 hat die Funktion, die Wicklungsköpfe 14 senkrecht zur Ebene des Wellenwicklungsbandes 52 so zu verformen, daß sich die im montierten Zustand im Statorblechpaket überlappenden Wicklungsköpfe nicht behindern und die Wellenwicklungen 10 derselben Drahtlage, z. B. der radial äußersten Drahtlage, möglichst spannungsfrei in ihre jeweilige Lage bzw. Position in den Statornuten eingebracht werden können, so daß nicht erst bei dem Einführvorgang die sich kreuzenden

Wicklungsköpfe so stark aneinander gepreßt werden müssen, daß sie sich verformen und die Stegabschnitte der Wellenwicklungen 10 ihre vorgesehene Lage in den Statornuten einnehmen können.

Entsprechend der Aufgabenstellung sind die Stempel 82 und Matrizen 84 so dimensioniert und gestaltet, daß bei jedem Prägevorgang ein oder mehrere Wicklungsköpfe 14 insgesamt oder teilweise relativ zur Hauptebene des Wellenwicklungsbandes 52 nach oben oder unten herausgedrückt werden können. Es lassen sich auf diese Weise mit einer ausreichenden Anzahl von Stempeln sämtliche Wicklungsköpfe 14 einer Wellenwicklung 10 gleichzeitig mit einem einzigen Hub formen. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Wicklungsköpfe 14 einer Wellenwicklung 10 mit weniger Stempeln 82 in mehreren Hüben zu formen. Normalerweise wird man während der Formgebung den Transportriemen 76 anhalten, wobei in dieser Zeitspanne die Scheiben 46, 48 das erzeugte Wellenwicklungsband 52 in die als Pufferspeicher dienende lose Schlaufe 74 fördern. Wenn eine hohe Fertigungskapazität erwünscht ist, können die Stempel 82 und Matrizen 84 in Verbindung mit einem längeren Transportriemen 76 auch fliegend betrieben werden, so daß sie während des Formvorgangs mit der Geschwindigkeit des Transportriemens 76 parallel zu diesem verfahren werden. Bei einer solchen Arbeitsweise bedarf es nicht der frei hängenden Schlaufe 74.

In der Prägeeinrichtung 28 sind neben den Stempeln 82 nicht gezeigte Schneidwerkzeuge angebracht, die das Wellenwicklungsband 52 an vorbestimmten Stellen durchtrennen, um Wellenwicklungen 10 bestimmter Länge zu erhalten. Die Drahtenden der abgeschnittenen Wellenwicklungen werden von nicht gezeigten Greifern zu den in Fig. 1 und 2 gezeigten Anschlußenden

16 ausgezogen. Außerdem können in der Prägeeinrichtung 28 oder in einer weiteren Formstation die Stegabschnitte 12 von aus Runddraht erzeugten Wellenwicklungen zu einem rechteckigen Querschnitt umgeformt werden.

An die Prägeeinrichtung 28 schließt sich gegebenenfalls noch eine weitere Arbeitsstation an, in der maschinell oder von Hand eine lange Wellenwicklung 10 derart auf sich selbst zurückgefaltet wird, daß eine halb so lange verteilte Wellenwicklung entsteht. Alternativ können auch zwei Wellenwicklungen 10 zu einer verteilten Wellenwicklung übereinandergelegt und an einem Ende elektrisch miteinander verbunden werden. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, zwei oder mehr Wellenwicklungen, die nebeneinander in unterschiedlichen Nuten liegen sollen, an bestimmten Stellen derart zu kreuzen, daß auf einem Teil ihrer Länge die eine Wellenwicklung unter einer anderen Wellenwicklung liegt, aber auf einem anderen Teil ihrer Länge darüber liegt.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die, wie vorstehend beschrieben, geformten Wellenwicklungen 10 an der in Fig. 3 mit 30 bezeichneten Ladestation in die Quernuten des auch in Fig. 1 und 2 sowie in Fig. 8 und 9 gezeigten stabförmigen bzw. zahnstangenförmigen Aufnehmers 20 eingelegt. Zu diesem Zweck befördert ein endloser Transportriemen nach Art des Transportriemens 76 nacheinander mehrere Wellenwicklungen 10, deren Wicklungsköpfe 14 dabei in den in Fig. 1 gezeigten Führungsschienen 86 geführt sind, in die jeweils vorbestimmte Lage über oder unter bestimmten Quernuten des stabförmigen Aufnehmers 22. Dann werden die Wellenwicklungen 10 durch Anheben bzw. Absenken der Führungsschienen 86 oder alternativ durch Anheben oder Absenken des stabförmigen Aufnehmers 22 in

dessen Quernuten eingeführt. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, die Wellenwicklungen 10 von oben in die Nuten des stabförmigen Aufnehmers 22 einzuführen und dann diesen zusammen mit den eingelegten Wellenwicklungen zu wenden, um ihn in die Lage nach Fig. 8 zu bringen.

In Fig. 8 ist die Übertragung der Wellenwicklungen von dem stabförmigen Aufnehmer in ein Rotormagazin bzw. rotorähnliches Übertragungswerkzeug 88 mit radial außen offenen Nuten 89 gezeigt. Dieser Vorgang findet in der in Fig. 3 mit 34 bezeichneten Übertragungsstation statt. Anstelle des Übertragungswerkzeugs 88 könnte dort auch ein Rotor- oder Statorblechpaket mit radial außen offenen Nuten vorhanden sein.

Gemäß Fig. 8 wird für den Übertragungsvorgang der stabförmige Aufnehmer 22 mit Bezug auf das rotorähnliche Übertragungswerkzeug 88 bzw. ein an seiner Stelle vorhandenes Rotor- oder Statorblechpaket tangential ausgerichtet, wobei die Nuten des stabförmigen Aufnehmers 22 und die Nuten 89 des Übertragungswerkzeugs 88 mit ihren Öffnungen gegeneinander weisen. Außerdem sind der Abstand der Nuten und die Relativbewegung des Aufnehmers 22 und des Übertragungswerkzeugs 88 so aufeinander abgestimmt, daß an der tangentialen Berührungsstelle die beiden gegenüberliegenden Nuten jeweils miteinander fluchten. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 führt während des Übertragungsvorgangs das Übertragungswerkzeug 88 eine Drehbewegung entgegen dem Uhrzeigersinn um eine ortsfeste Achse aus, während gleichzeitig der stabförmige Aufnehmer 22 mit der Umfangsgeschwindigkeit des Übertragungswerkzeugs 88 entlang einer nicht gezeigten Linearführung geradlinig von rechts nach links vorgeschoben wird. Während diese koordinierten Bewegungen stattfinden, drücken zwei in Draufsicht U-förmige Leitor-

gane 90, 92 die gegebenenfalls bis dahin durch Führungsschienen entsprechend den Führungsschienen 86 in den Nuten des Aufnehmers 22 gehaltenen Wellenwicklungen 10 im Bereich des tangentialen Berührungspunkts und dem in Bewegungsrichtung dahinterliegenden Bereich aus den Nuten des Aufnehmers 22 in die jeweils gegenüberliegenden Nuten des Übertragungswerkzeugs 88. Da der stabförmige Aufnehmer 22 gemäß Fig. 1, 2 und 9 schmaler ist als die Länge der Stegabschnitte 12 der Wellenwicklungen 10, können die U-förmigen Leitorgane 90, 92 auf beiden Seiten neben dem stabförmigen Aufnehmer 22 an den äußeren Bereichen der Stegabschnitte 12 sowie den Wicklungsköpfen 14 angreifen, um die Stegabschnitte nacheinander aus den Nuten des Aufnehmers 22 zu verdrängen und in die Nuten des Übertragungswerkzeugs 88 zu schieben.

Statt der zwei Leitorgane 90, 92 könnte auch ein einziges, größeres Leitorgan Verwendung finden. Alternativ bestünde die Möglichkeit, maschinell betätigbare Stößel oder Schieber vorzusehen, die mit einem oder zwei Hüben jeweils die in einer Nut des Aufnehmers 22 gehaltenen Stegabschnitte in die gegenüberliegende Nut des Übertragungswerkzeugs 88 schieben.

Die in Fig. 8 gezeigte tangentiale Anordnung eines gradlinig stabförmigen Aufnehmers 22 mit Bezug auf das rotorähnliche Übertragungswerkzeug 88 kommt für den Übertragungsvorgang mit sehr einfachen Bewegungsantrieben aus. Wenn man darauf zu verzichten bereit ist, kann man auch erfindungsgemäß einen mit Bezug auf Fig. 8 mit einem bestimmten Radius nach oben oder unten gekrümmten stabförmigen Aufnehmer 22 verwenden, weil auch dann am Punkt der Berührung des Übertragungswerkzeugs 88 eine im wesentlichen tangentiale Ausrichtung und Relativbewegung vorhanden ist. In allen Fällen kann, während

das jeweils andere Teil feststeht, entweder das Übertragungswerkzeug 88 oder der stabförmige Aufnehmer 22 in einer kombinierten Bewegung so geführt werden, daß eine die Übertragung der Wellenwicklungen erlaubende Abwälzbewegung zustande kommt.

Wieviele Wellenwicklungen in einem Arbeitsgang von dem stabförmigen Aufnehmer 22 auf das Übertragungswerkzeug 88 und von diesem auf ein Stator- oder Rotorblechpaket mit radial innen offenen Nuten übertragen werden, hängt vom Einzelfall ab. Normalerweise wird man wohl mit zwei Übertragungsvorgängen auskommen.

Die Fig. 10 und 11 zeigen einen Teil-Querschnitt des Rotormagazins bzw. Übertragungswerkzeugs 88 in größerem Maßstab sowie dessen Längsschnitt während des radialen Einschlebens der Wellenwicklungen 10 in die radial innen offenen Nuten 18 eines Statorblechpakets 20. Für diesen Übertragungsvorgang wird das Statorblechpaket 20 in derjenigen Drehstellung axial auf das Übertragungswerkzeug 88 gesetzt oder dieses in die Bohrung des Stators 20 eingeschoben, daß die radial innen offenen Nuten 18 mit den radial außen offenen Nuten des Übertragungswerkzeugs 88 fluchten. Dann werden die in den Nuten des letzteren sitzenden Wellenwicklungen durch radial weiter innen in denselben Nuten sitzende, lamellenförmige Schieber 94 radial nach außen in die Nuten 18 des Statorblechpakets 20 verdrängt. Fig. 10 zeigt beispielhaft eine Nut 18, in die bereits bei einem früheren Übertragungsvorgang vier Drahtlagen von Wellenwicklungen eingeschoben worden sind, während vier weitere Drahtlagen von Wellenwicklungen noch in der entsprechenden Nut 89 des Übertragungswerkzeugs 88 sitzen und im nächsten Übertragungsvorgang durch den zugehörigen Schieber

94 radial nach außen in die fluchtende Statornut geschoben werden müssen. Eine andere im Querschnitt rechteckige Statornut ist bereits durch acht Drahtlagen von im Querschnitt passenden Wellenwicklungen vollständig gefüllt.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um durch Kraftzylinder oder Schraubgetriebe die Schieber 94 radial auszufahren und zurückzuziehen. Ein einfaches Ausführungsbeispiel ist in Fig. 11 gezeigt. Es hat lamellenartige Schieber 94, die in den radial außen offenen Nuten des Übertragungswerkzeugs 88 radial verschieblich geführt aber axial fixiert sind. Um sie radial zu bewegen, verschiebt ein Kraftzylinder oder anderer Antrieb eine zentrale Antriebsstange 96, an der konische oder Keilscheiben 98 fest angebracht sind, deren sich schräg zur Längsachse erstreckende vordere und hintere parallele Keilflächen in entsprechend schräg angeordnete Ausnehmungen in den lamellenförmigen Schiebern 94 eingreifen. Somit führt eine Bewegung der Antriebsstange 96 mit Bezug auf Fig. 11 nach oben zum radialen Ausspreizen der Schieber 94 und dadurch zum Verdrängen der in den Nuten 89 des Übertragungswerkzeugs 88 sitzenden Wellenwicklungen in die Statornuten 18. Durch Rückzug der Antriebsstange 96 nach unten werden nach dem Übertragungsvorgang die Schieber 94 wieder radial nach innen gezogen.

Alternativ zu den Scheiben 46, 48 könnten auch Stangen, entsprechend Scheiben mit unendlich großem Durchmesser, mit darauf angebrachten Formvorsprüngen 50 oder, analog zu der erwähnten Rolle, eine Stange mit zwei Reihen querverschieblicher Formvorsprünge 50 im Zusammenwirken mit einem Drahtführer 54 die Formeinrichtung für bandförmige Wellenwicklungen 10 bilden. Bei dieser Ausführungsform könnten alle übrigen

vorstehend beschriebenen Teile und Maßnahmen unverändert
bleiben bzw. sinngemäß übernommen werden

Patentansprüche

1. Verfahren zum Formen und Einführen von Wellenwicklungen mit durch Wicklungsköpfe verbundenen Stegabschnitten in Rotor- oder Statorblechpakete elektrischer Maschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenwicklungen (10) jeweils mit einer bestimmten Anzahl Wellen von einem fortlaufend geformten Wellenwicklungsband (52) aus im Querschnitt rechteckigem oder rundem Wicklungsdraht (56) abgeschnitten werden, der beim Formvorgang von einem Drahtführer (54) abwechselnd um die äußeren Seitenflächen von auf dem Umfang von zwei axial nebeneinander rotierend antreibbaren Scheiben (46, 48) oder in zwei Reihen auf dem Umfang einer rotierend antreibbaren Rolle gegeneinander versetzt angeordneten Formvorsprüngen (50) gelegt wird, wobei in dem Winkelbereich, in dem das Wellenwicklungsband (52) auf dem Umfang der Scheiben (46, 48) bzw. Rolle mitgenommen wird, der Abstand zwischen einem Formvorsprung (50) der einen Reihe und dem folgenden Formvorsprung der anderen Reihe um ein solches Maß vergrößert wird, daß die äußeren Seitenflächen der Formvorsprünge (50) die Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) formen, und daß die von dem Wellenwicklungsband (52) abgeschnittenen Wellenwicklungen (10) in radial außen offene Nuten (89) eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88) eingeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wicklungsdraht (56) bei jedem Formvorgang durch An-
druck wenigstens eines an einem rotierend antreibbaren

Träger (55) exzentrisch angebrachten Mitnehmerzapfens (58, 60) gegen den Drahtumfang und dabei ausgeübte Querkräfte als eine erste Schlaufe um einen Formvorsprung (50) der einen Reihe und als eine zweite Schlaufe um den Mitnehmerzapfen (58, 60) gebogen und diese auf einen Formvorsprung (50) der anderen Reihe abgestreift wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Ende des Winkelbereichs hin, in dem das Wellenwicklungsband (52) auf dem Umfang der Scheiben (46, 48) bzw. Rolle mitgenommen wird, durch Verkleinerung des Abstands zwischen den beiden Reihen von Formvorsprüngen (50) die Spannung im Wicklungsdraht (56) wieder abgebaut wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens ein Teil der Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) giebelförmig geformt wird und dann vor deren Einbringen in die Nuten des stabförmigen Aufnehmers (22) mindestens eine Giebelhälfte wenigstens teilweise durch plastische Verformung aus der Ebene der an die Wicklungsköpfe (14) angrenzenden Stegabschnitte (12) herausgedrückt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wellenwicklungsband (52) wenigstens zwischen zwei Formstationen (24, 28) und/oder Montagestationen als lose Schlaufe (74) geführt wird, die unterschiedliche Fördergeschwindigkeiten in den beiden Stationen (24, 28) ausgleicht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die an die Schnittstellen des Wicklungsdrahts (56) angrenzenden Wellen aufgebogen und zu Anschlußenden (16) der Wellenwicklungen (10) geformt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stegabschnitte (12) mehrerer Wellenwicklungen (10) in parallele Quernuten eines stabförmigen Aufnehmers (22) eingelegt werden und durch diesen bei der Übergabe an radial nach außen offene Nuten (89) eines Rotor- oder Statorblechpakets oder rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88) geführt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenwicklungen (10) im wesentlichen tangential an ein Rotor- oder Statorblechpaket oder ein rotorähnliches Übertragungswerkzeug (88) jeweils mit radial außen offenen Nuten (89) herangeführt und während einer Drehbewegung des Blechpakets bzw. Übertragungswerkzeugs (88) und einer dessen Umfangsgeschwindigkeit entsprechenden, im wesentlichen tangentialen Relativbewegung der bandförmigen Wellenwicklungen (10) deren Stegabschnitte (12) in die Nuten (89) gedrückt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach der Aufnahme der Wellenwicklungen (10) das Übertragungswerkzeug (88) in das Statorblechpaket (20) eines Stators oder Rotors mit radial innen offenen Nuten (18) eingesetzt und die Wellenwicklungen (10) aus den Nuten (89) des Übertragungswerkzeugs (88) radial in die Nuten (18) des Blechpakets (20) verdrängt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenwicklungen (10) so lang sind, daß sie während mehrerer Umdrehungen des Rotor- oder Statorblechpakets oder des rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88) mit radial außen offenen Nuten (89) in diese Nuten (89) einzuführen sind.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenwicklungen (10) jeweils einstückig mehrlagig in den stabförmigen Aufnehmer (22) eingelegt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen zwei Lagen einer Wellenwicklung (10) wenigstens eine Lage einer anderen Wellenwicklung (10) in andere Nuten des stabförmigen Aufnehmers (22) eingelegt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens eine Welle einer in den stabförmigen Aufnehmer (22) eingelegten Wellenwicklung (10) um etwa 90° aus deren bandförmiger Ebene herausgebogen und nach dem Einlegen wenigstens einer weiteren Wellenwicklung (10) in den stabförmigen Aufnehmer (22) zurückgebogen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Einführen mehrerer Wellenwicklungen (10) in das Blechpaket (20) eines Stators oder Rotors mit radial innen offenen Nuten (18) die stirnseitig aus dem Blechpaket (20) vorstehenden Wicklungsköpfe (14)

der Wellenwicklungen (10) weiter radial nach außen verdrängt und dann weitere Wellenwicklungen (10) in diese Nuten (18) eingeführt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die im ersten Schritt in die Nuten (18) des Blechpakets (20) eingeschobenen Wellenwicklungen (10) mit breiteren Wicklungsköpfen (14) geformt werden als die im zweiten Schritt eingeführten Wellenwicklungen (10).
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die im zweiten Schritt in die Nuten (18) des Blechpakets (20) eingeschobenen Wellenwicklungen (10) mit höheren Wicklungsköpfen (14) geformt werden als die im ersten Schritt eingeführten Wellenwicklungen (10).
17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 16 mit einer Formeinrichtung zur Formung eines Wellenwicklungsbandes (52) und einer Einrichtung zum Einführen davon abgeschnittener Wellenwicklungen (10) in radial außen offene Nuten (89) eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Formeinrichtung (24) für das Wellenwicklungsband (52) zwei drehbare Scheiben (46, 48) oder eine drehbare Rolle und zwei Reihen gleichmäßig über den Umfang verteilte, relativ zur jeweils anderen Reihe versetzt zueinander angeordnete, über den Scheiben- bzw. Rollenumfang vorstehende Formvorsprünge (50) und einen derart geführten Drahtführer (54) aufweist, daß ein Wicklungsdraht (56) wellenförmig abwechselnd um die äußeren Seitenflächen der am Umfang aufeinander folgenden Formvorsprünge (50) legbar ist, deren

Form der zu erzeugenden Form der Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) entspricht.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß der am Umfang zwischen einem Formvorsprung (50) der einen Reihe und dem folgenden Formvorsprung (50) der anderen Reihe gemessene freie Abstand der Stärke des Wicklungsdrahts (56) entspricht.
19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die voneinander weg weisenden Seitenflächen der Formvorsprünge (50) in der Draufsicht auf den Scheiben- bzw. Rollenumfang jeweils die Form eines Giebels haben.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf dem Umfangsabschnitt, den eine Wellenwicklung (10) auf den Scheiben (46, 48) bzw. der Rolle zurücklegt, der axiale Abstand zwischen einem Formvorsprung (50) der einen Reihe und dem folgenden Formvorsprung (50) der anderen Reihe erst vergrößerbar und dann verringerbar ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Reihe Formvorsprünge (50) an einer einzeln derart taumelnd oder schräg gelagerten Scheibe (46, 48) angebracht ist, daß sich der Abstand zwischen den beiden Reihen auf dem von einer Wellenwicklung (10) zurückgelegten Umfangsabschnitt erst vergrößert und dann verringert, wobei durch die Abstandsvergrößerung der straff gegen die giebelförmigen Außenflächen der Formvorsprünge (50) gezo-

gene Wicklungsdraht (56) mit entsprechenden giebelförmigen Wicklungsköpfen (14) formbar ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Drahtführer (54) ein um eine im wesentlichen quer zur Drehachse der Scheiben (46, 48) bzw. Rolle liegende Drehachse rotierend antreibbarer Träger (55) mit wenigstens einem exzentrischen Mitnehmerzapfen (58, 60) und einem im wesentlichen auf der Drehachse angeordneten, gesteuert axial verschiebbaren Stößel (64) ist, wobei der Träger (55) mit dem oder den Mitnehmerzapfen (58, 60) unmittelbar neben den Scheiben (46, 48) bzw. der Rolle in zeitlicher Abstimmung mit deren Drehbewegung umläuft und in einer ersten Zwischenphase eines Arbeitszyklus der Stößel (64) gegen den in den Raum zwischen den Träger (55) und die Scheiben (46, 48) bzw. Rolle zugeführten Wicklungsdraht (56) und einen Formvorsprung (50) der einer Reihe verschiebbar ist, so daß der Wicklungsdraht (56) auf diesem Formvorsprung (50) zur Bildung einer ersten Schlaufe gehalten ist, und in einer zweiten Zwischenphase, in der sich axial vor einem Mitnehmerzapfen (58, 60) ein Formvorsprung (50) der anderen Reihe befindet, ein Abstreifer (72) betätigbar ist, durch den eine aus dem Wicklungsdraht (56) auf dem Mitnehmerzapfen (58, 60) gebildete zweite Schlaufe von dem Mitnehmerzapfen (58, 60) auf den vor ihm befindlichen Formvorsprung (50) abstreifbar ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger (55) in derjenigen Drehrichtung umläuft, in welcher der mit seiner Umfangsfläche gegen den Wicklungsdraht (56) bewegte Mitnehmerzapfen (58, 60) die erste

Schlaufe um einen Formvorsprung (50) der einen Reihe und gleichzeitig die zweite Schlaufe um sich selbst bildet.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Träger (55) des wenigstens einen Mitnehmerzapfens (58, 60) ungleichmäßig umläuft, z.B. durch einen Malteserkreuzantrieb angetrieben ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Veränderung der Höhe der Wellenwicklungen (10) entsprechend unterschiedlichen Blechpakethöhen der maximale axiale Abstand zwischen den beiden Reihen von Formvorsprüngen (50) und die Exzentrizität des oder der Mitnehmerzapfen (58, 60) am Träger (55) veränderlich einstellbar sind.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Formeinrichtung (24) und der Ladestation (30) zum Einlegen der Wellenwicklungen (10) in den stabförmigen Aufnehmer (22) eine Prägeeinrichtung (28) angeordnet ist, die ein der Wellenwicklung (10) angepaßtes Fördermittel (76), z.B. einen endlos umlaufend geführten, positionsgenau steuerbaren Transportriemen (76) mit auf der Außenseite im Abstand der Stegabschnitte (12) angebrachten Mitnehmern (78), sowie seitlich neben dem Transportriemen (76) ein oder mehrere Stempel (82) und Matrizen (84) aufweist, durch die wenigstens ein Teil eines Wicklungskopfs (14) einer in den Aufnehmer (22) einzulegenden Wellenwicklung (10) aus der Ebene der angrenzenden Stegabschnitte (12) herauszudrücken ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Prägeeinrichtung (28) Schneidwerkzeuge zum Ablängen der Wellenwicklungen (10) vom Wellenwicklungsband (52) aufweist.
28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Formeinrichtung (24) und der Prägeeinrichtung (28) eine lose Führung (80) für das geformte Wellenwicklungsband (52) vorhanden ist, so daß durch dieses eine als Pufferspeicher dienende Schlaufe (74) veränderlicher Länge zu bilden ist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung zum Einführen der Wellenwicklungen in ein Rotor- oder Statorblechpaket oder ein rotorähnliches Übertragungswerkzeug (88) eine Führung (22) für die Wellenwicklungen (10) aufweist, die mit Bezug auf ein durch einen Drehantrieb rotierend antreibbares Rotor- oder Statorblechpaket oder rotorähnliches Übertragungswerkzeug (88) jeweils mit radial außen offenen Nuten (89) im wesentlichen tangential angeordnet ist, und ein Antrieb zum relativen Vorschub der bandförmigen Wellenwicklungen (10) mit ihren durch Wicklungsköpfe (14) verbundenen Stegabschnitten (12) und des Blechpakets oder Übertragungswerkzeugs (88) längs der Führung (22) mit einer der Umfangsgeschwindigkeit des Blechpakets bzw. Übertragungswerkzeugs (88) entsprechenden Geschwindigkeit sowie Leit- oder Schuborgane (90, 92) vorhanden sind, durch welche die an das Blechpaket bzw. Übertragungswerkzeug (88) herangeführten Stegabschnitte (12) der Wellenwicklungen (10) nacheinander in die radial außen offenen Nuten (89) einführbar sind.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Führung einen in Längsrichtung verfahrbaren, stabförmigen Aufnehmer (22) mit parallelen Quernuten aufweist, in welche mehrere in einem Arbeitsschritt gemeinsam in das Blechpaket oder Übertragungswerkzeug (88) einzuführende Wellenwicklungen (10) mit ihren Stegabschnitten (12) in der vorbestimmten Relativstellung einlegbar sind.
31. Vorrichtung nach Anspruch 30, **gekennzeichnet durch** ortsfest angeordnete, an den äußeren Bereichen der Stegabschnitte (12) und/oder den Wicklungsköpfen (14) der Wellenwicklungen (10) angreifende Leitorgane (90, 92), durch welche diese in die radial außen offenen Nuten (89) des Blechpakets oder Übertragungswerkzeugs (88) verdrängbar sind, während es um eine ortsfeste Achse rotiert und sich dabei an dem tangential vorbeigeführten stabförmigen Aufnehmer (22) oder an einer zu diesem parallelen Linie abwälzt.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, daß das rotorähnliche Übertragungswerkzeug (88) in den radial außen offenen Nuten (89) radial verschieblich geführte, bis über den Außenumfang ausfahrbare Schieber (94) aufweist, durch welche in den Nuten (89) aufgenommene Wellenwicklungen (10) in fluchtende, radial innen offene Nuten (18) eines zur Übertragung konzentrisch angeordneten Rotor- oder Statorblechpakets (20) verdrängbar sind.
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, daß die axial fixierten Schieber (94) mit Keilflächen verse-

hen und durch entsprechende Keil- oder Konusflächen (98) eines gemeinsamen, axial bewegbaren Antriebsglieds (96) radial verfahrbar sind.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Ladestation (30) zum Einlegen der Wellenwicklungen (10) in stabförmige Aufnehmer (22) bewegbar gelagerte, sich parallel zueinander und zu dem Aufnehmer (22), in Projektion neben diesem erstreckende Führungsschienen (86) aufweist, welche die Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) führen, sowie weiterhin einen endlos umlaufend geführten, positionsgenau steuerbaren Transportriemen (76) mit auf seiner Außenseite im Abstand der Stegabschnitte (12) angebrachten Mitnehmern (78) und einen Stellantrieb zur Bewegung der Führungsschienen aus einer Position vor den Nuteingängen des stabförmigen Aufnehmers (22) in eine Position neben diesem, wobei die Stegabschnitte (12) der Wellenwicklungen (10) in die Nuten des Aufnehmers (22) einführbar sind.
35. Verfahren zum Formen und Einführen von Wellenwicklungen mit durch Wicklungsköpfe verbundenen Stegabschnitten in Rotor- oder Statorblechpakete elektrischer Maschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenwicklungen (10) jeweils mit einer bestimmten Anzahl Wellen als Wellenwicklungsband aus im Querschnitt rechteckigem oder rundem Wicklungsdraht (56) geformt werden, indem der Draht von einem Drahtführer (54) abwechselnd um die äußeren Seitenflächen von auf zwei nebeneinander linear in Längsrichtung antreibbaren Stangen oder in zwei Reihen auf einer linear in Längsrichtung antreibbaren Stange gegeneinander versetzt angeordneten Formvorsprüngen (50) gelegt wird,

und dann der Abstand zwischen einem Formvorsprung (50) der einen Reihe und dem folgenden Formvorsprung der anderen Reihe um ein solches Maß vergrößert wird, daß die äußeren Seitenflächen der Formvorsprünge (50) die Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) formen, und daß die von dem Drahtvorrat (26) abgeschnittenen Wellenwicklungen (10) in radial außen offene Nuten (89) eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88) eingeführt werden.

36. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 35 mit einer Formeinrichtung zur Formung von Wellenwicklungen und einer Einrichtung zum Einführen der Wellenwicklungen (10) in radial außen offene Nuten (89) eines Rotor- oder Statorblechpakets oder eines rotorähnlichen Übertragungswerkzeugs (88), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Formeinrichtung (24) für die Wellenwicklungen (10) zwei nebeneinander angeordnete, in Längsrichtung linear verschiebbliche Stangen oder eine Stange und darauf zwei Reihen gleichmäßig verteilte, relativ zur jeweils anderen Reihe versetzt zueinander angeordnete, vorstehende Formvorsprünge (50) sowie einen derart geführten Drahtführer (54) aufweist, daß ein Wicklungsdraht (56) wellenförmig abwechselnd um die äußeren Seitenflächen der am Umfang aufeinander folgenden Formvorsprünge (50) der beiden Reihen legbar ist, deren Form der zu erzeugenden Form der Wicklungsköpfe (14) der Wellenwicklungen (10) entspricht.

Fig 1

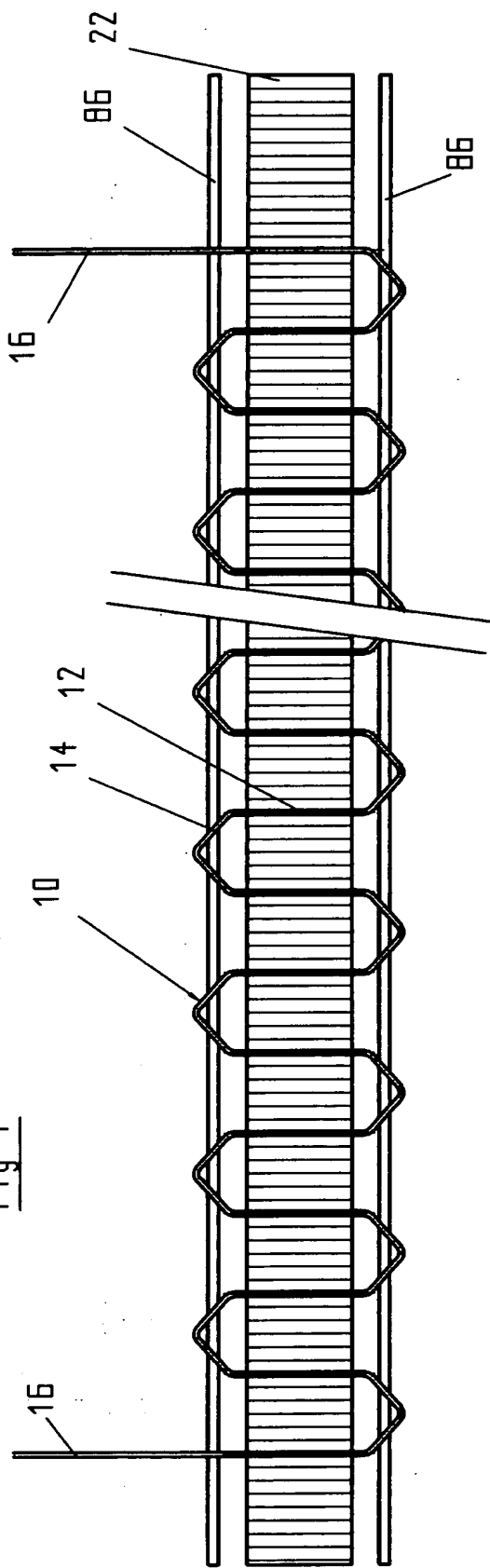


Fig 2

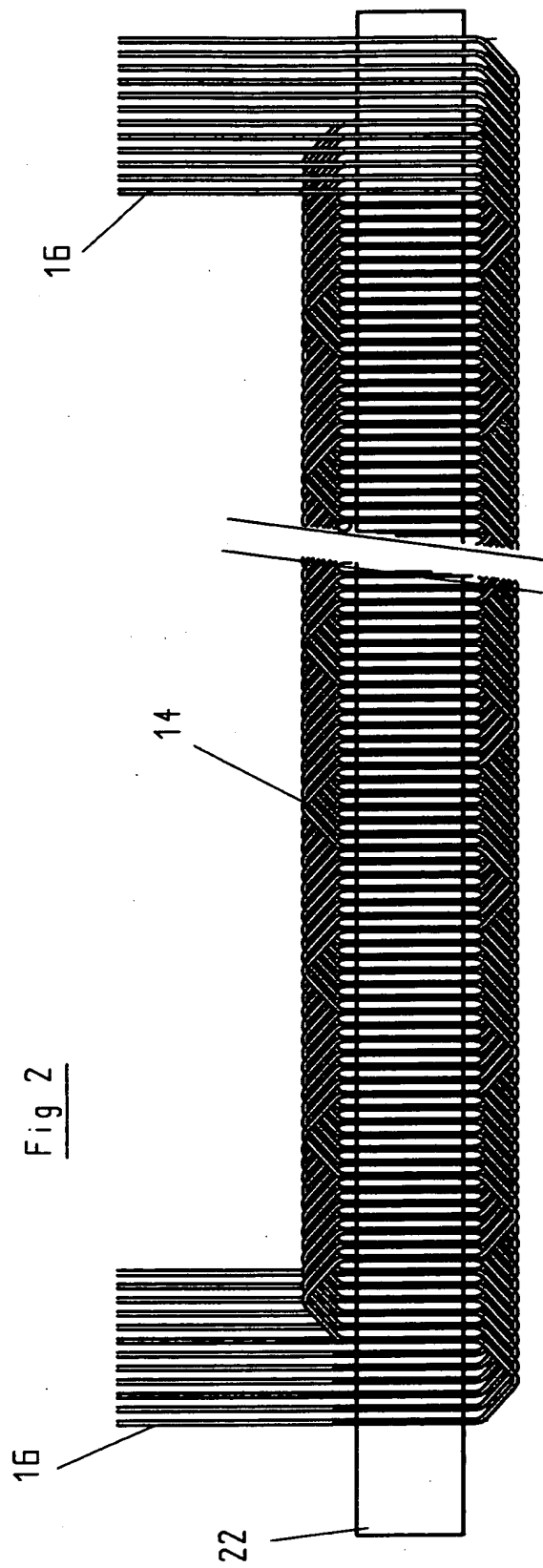


Fig 3

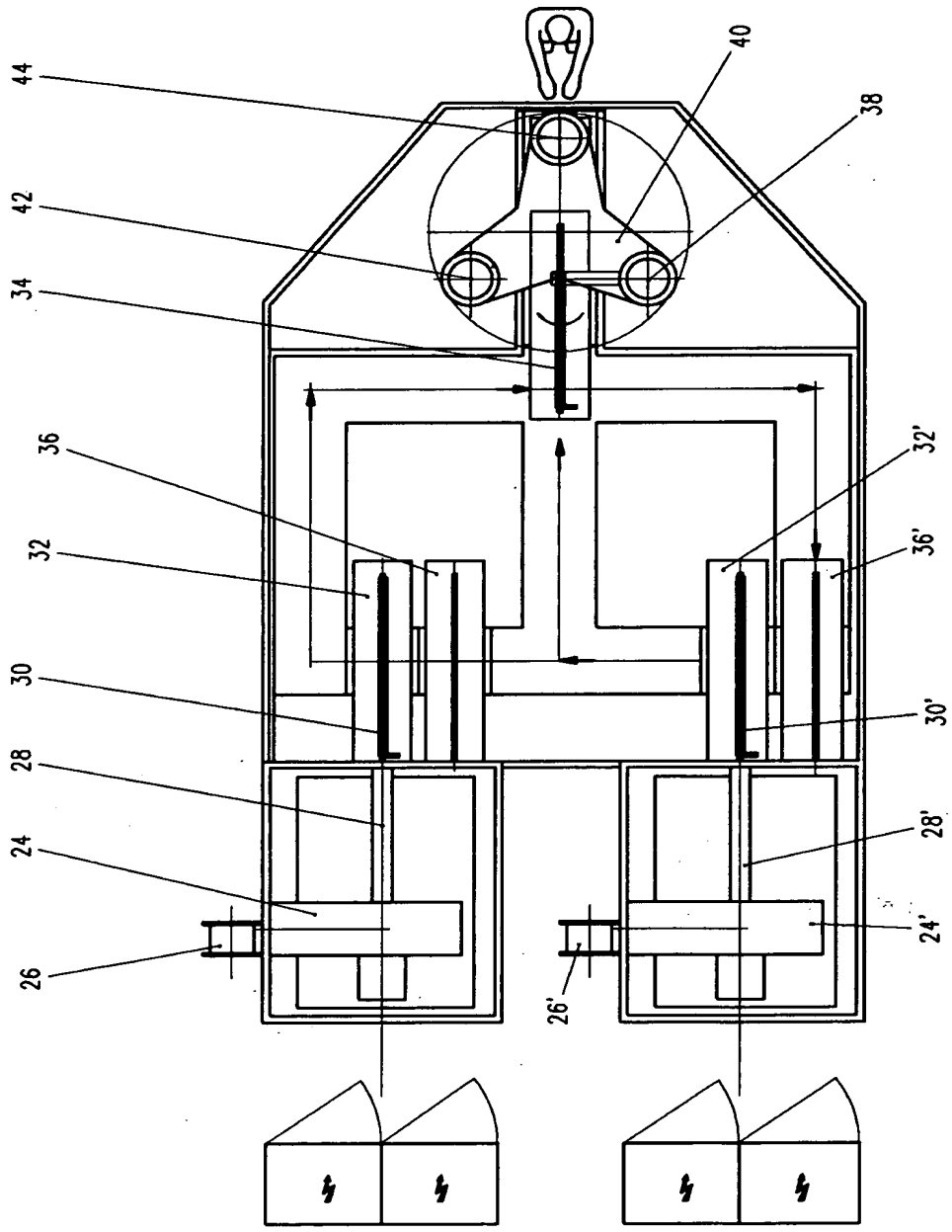


Fig 4

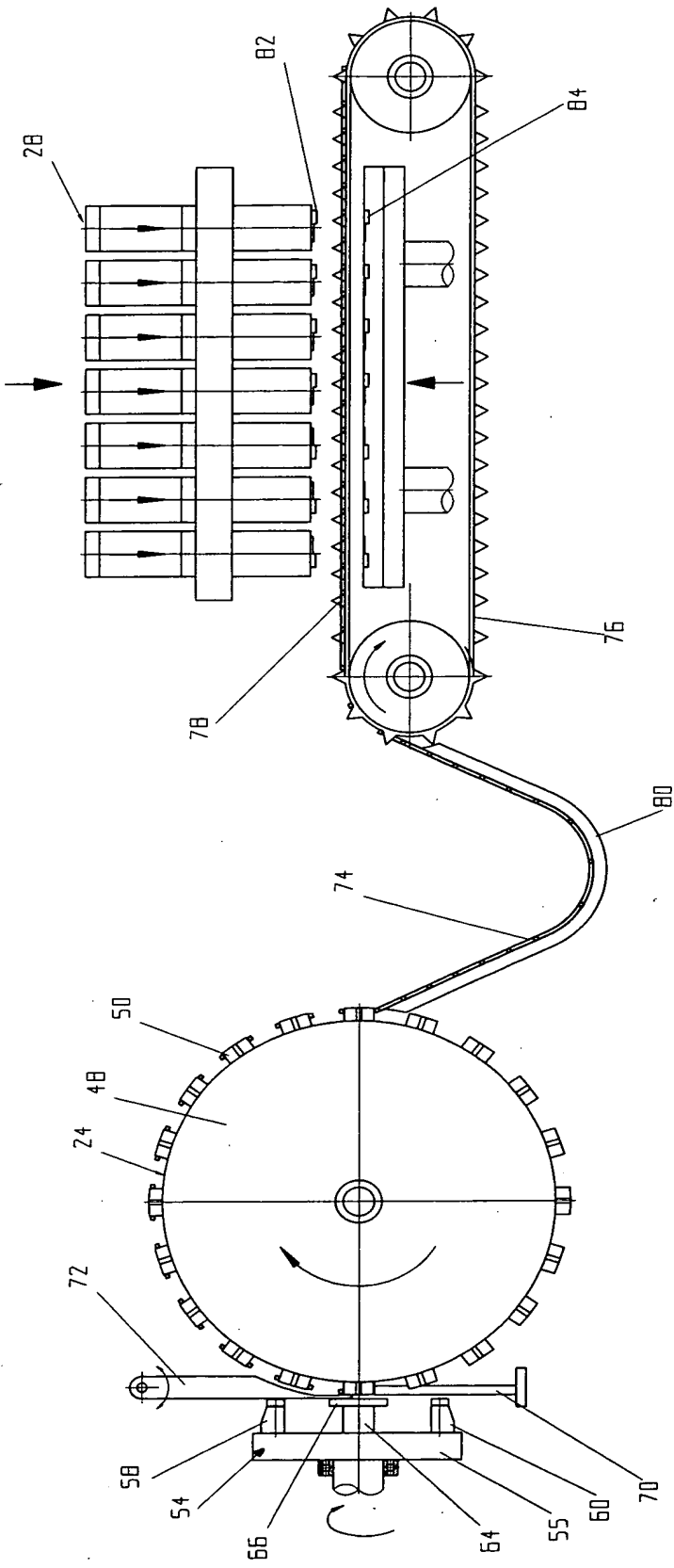


Fig 5

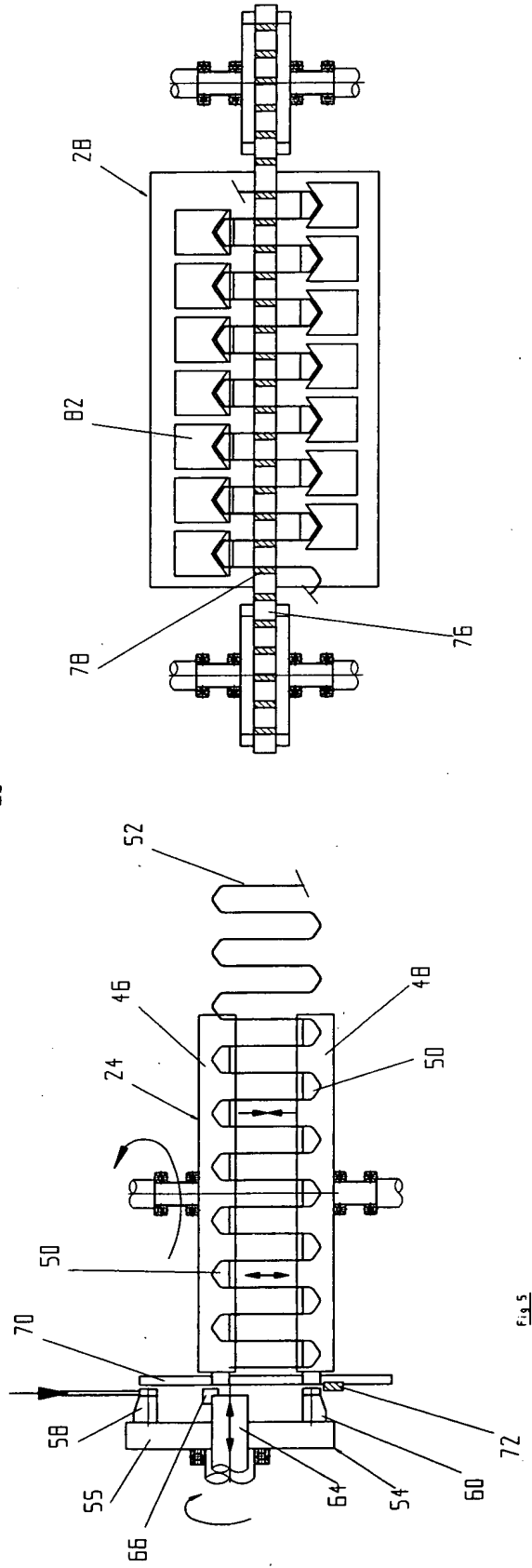


Fig 6A

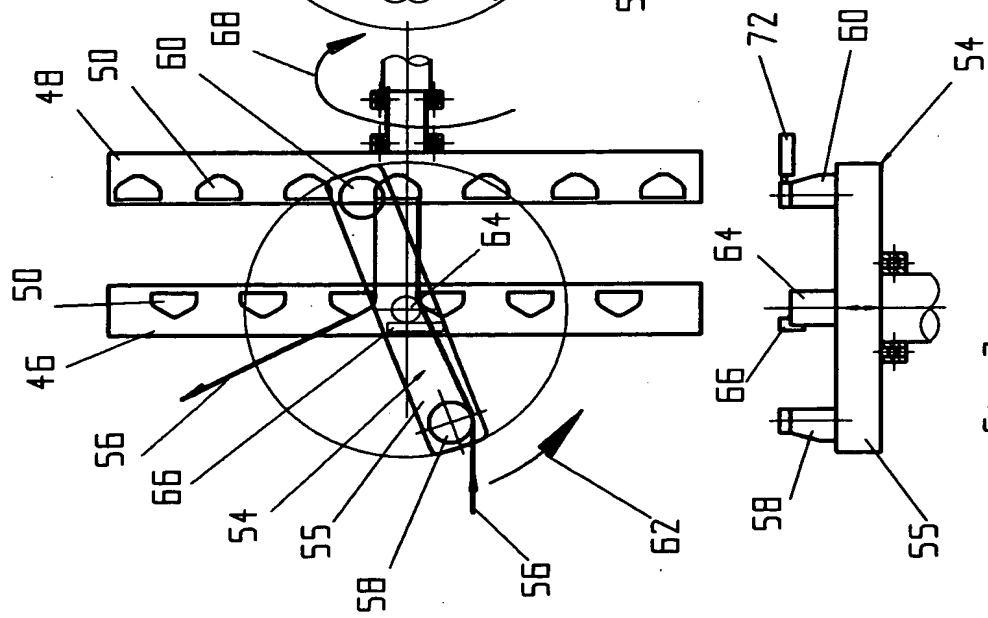


Fig 6 B

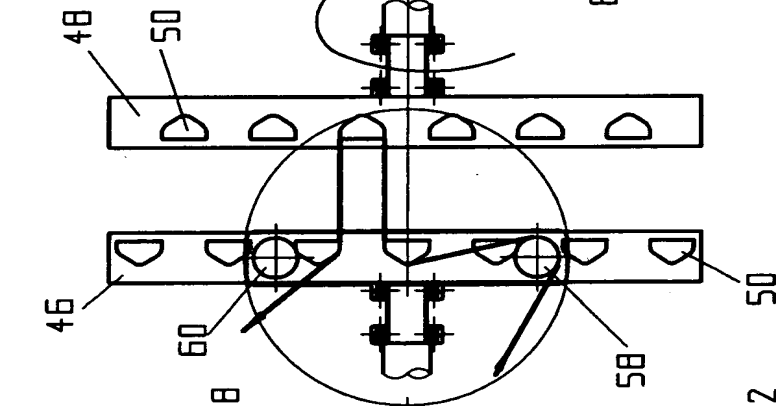


Fig 8

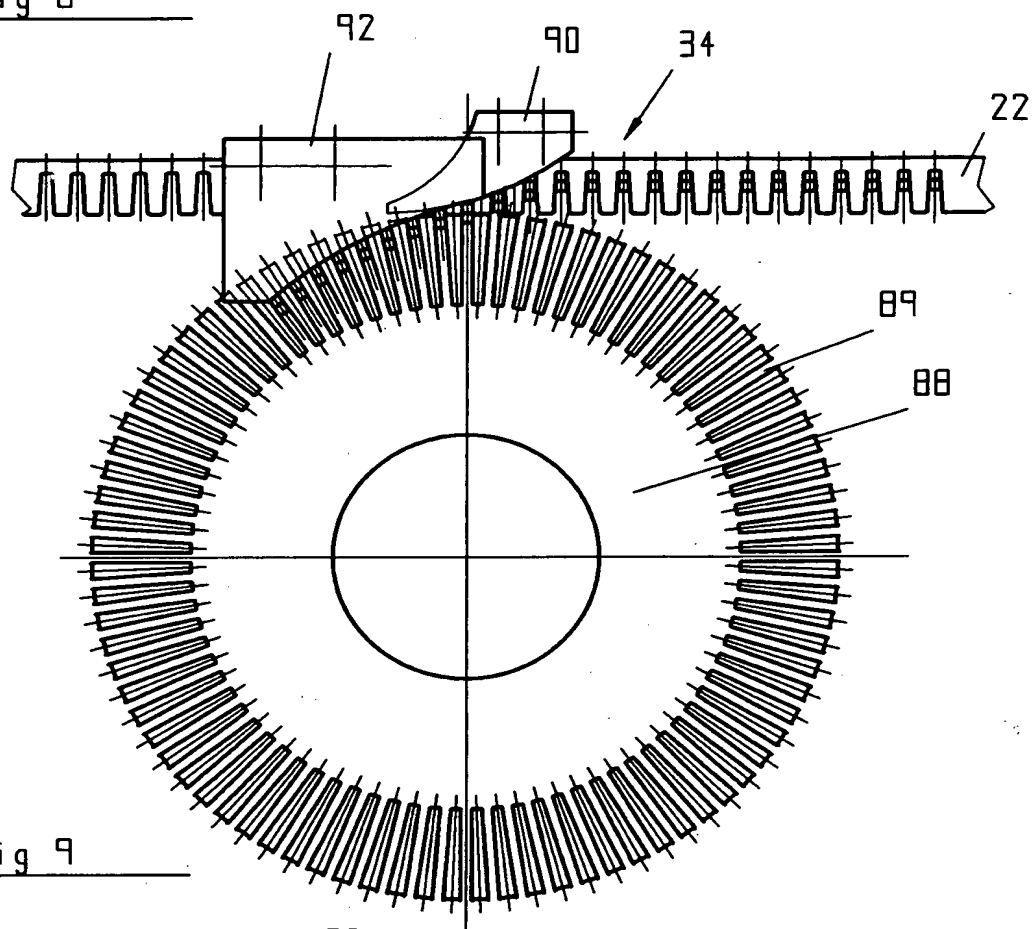


Fig 9

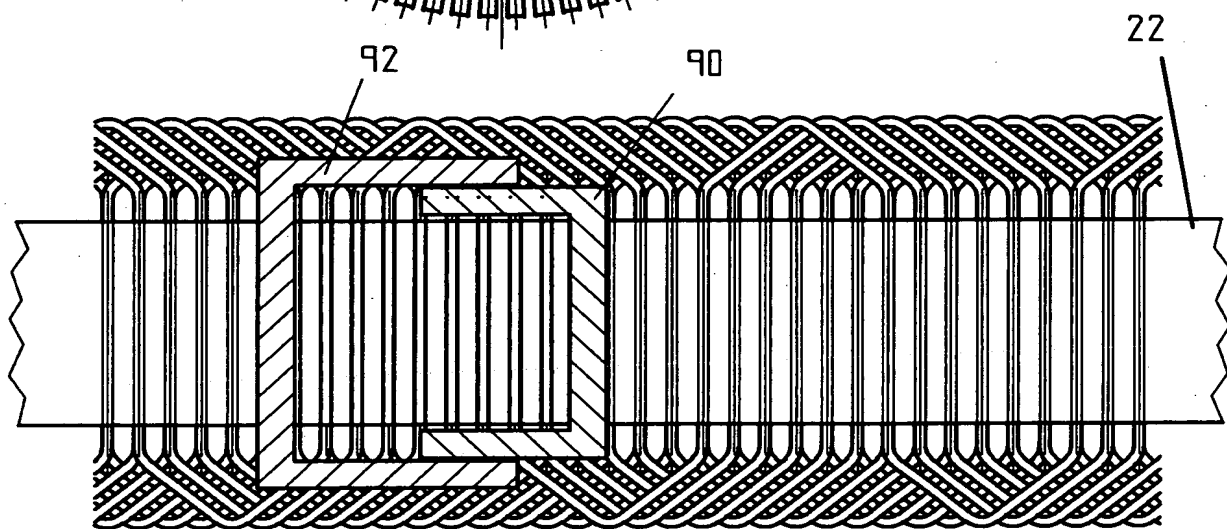
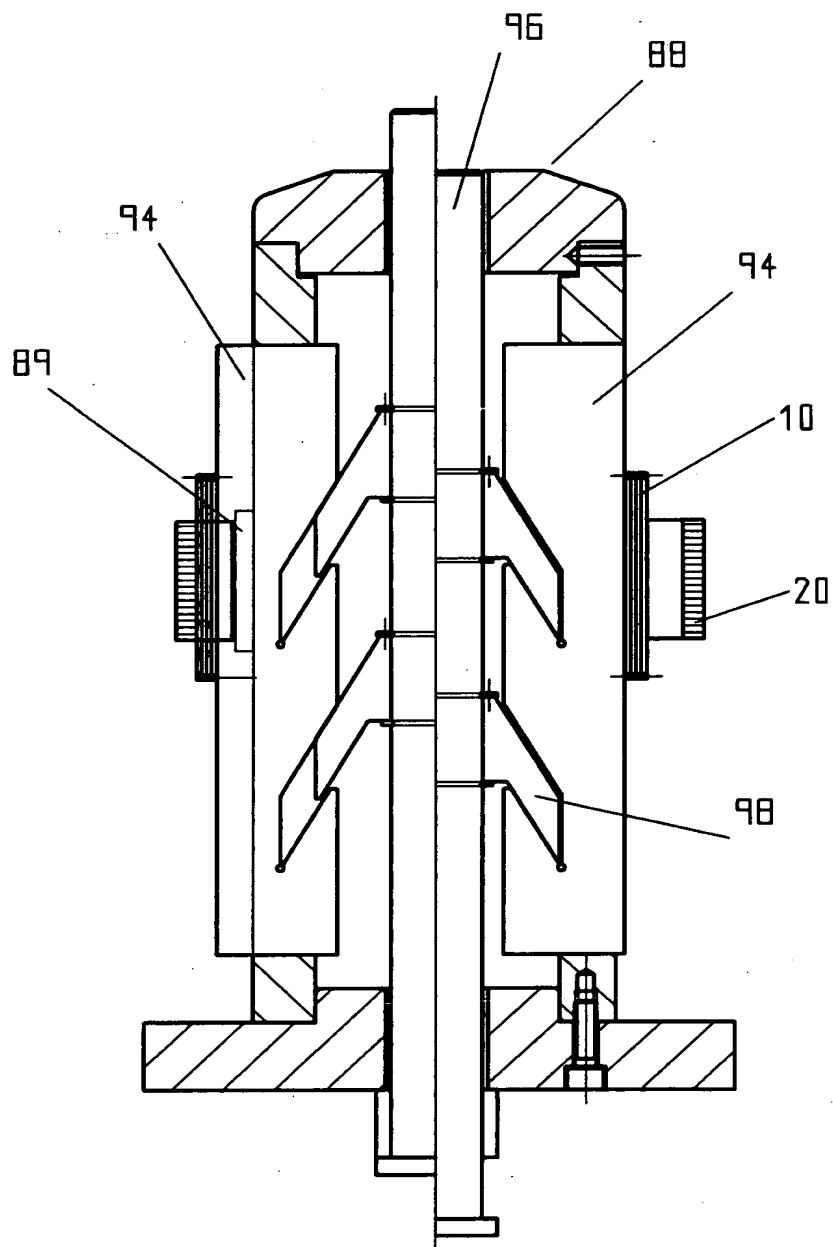


Fig 11





Creation date: 12-10-2003
Indexing Officer: STEKLU - SELAMAWIT TEKLU
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 10611256

Legal Date: 11-18-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	OATH	10

Total number of pages: 10

Remarks:

Order of re-scan issued on